

Evaluasi Hubungan Paralel Transformator Fakultas Teknik Universitas Riau Pada Kondisi Beban Normal dan Beban Puncak

Niky Sudarmantoro*, Firdaus**, Feranita**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: niky_1007121463@yahoo.com

ABSTRACT

The development of electrical power is important issue and has more effect to development of Indonesia. One of ways to increase the amount of power needed in manufacturing parallel system for distribution transformer. This way using by Engineering Faculty, University of Riau need 475,015 kVA or approximately 59,37% from maximum limit transformer load. Load limit for distribution substation of transformer from datasheet is 400kVA p.u and for load limit from theory calculation is 381,084kVA p.u or approximately 95,271%. This losses get from loss of material transformator about 4,729%. According to standardization presented by schneider electric, USA. transformator with the least impedance will have the most current cause in short age of the transformator.

Keywords : Distribution System, Parallel System, Transformer, Flow Circulation.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pembangunan sangat berkembang pesat di Indonesia, dalam hal ini perkembangan pembangunan tersebut juga berdampak pada banyaknya kebutuhan energi yang digunakan. Dalam hal ini salah satu kebutuhan energi yang menjadi dampak perkembangan tersebut salah satunya dalam sektor energi listrik. Perkembangan energi listrik sangat berbanding lurus dengan perkembangan pembangunan yang terjadi, sehingga butuh peningkatan energi listrik yang dilakukan pada gardu distribusi.

Dalam hal peningkatan energi listrik sering dilakukan cara peningkatan kebutuhan energi pada gardu distribusi listrik, baik dengan cara penambahan gardu distribusi, pergantian trafo distribusi energi listrik, maupun pemasangan koneksi paralel pada trafo distribusi.

Pada penelitian ini terlepas dari macam-macam cara peningkatan energi

tersebut, maka yang akan akan dibahas merupakan pemasangan koneksi paralel pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau. Dimana pada koneksi tersebut dengan tujuan penambahan energi listrik yang disalurkan pada beban yang ada di Fakultas Teknik Universitas Riau.

Evaluasi koneksi paralel hubungan trafo distribusi ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kelayakan sistem koneksi yang dilakukan terhadap arus sirkulasi yang terjadi pada masing-masing trafo distribusi, dimana apabila adanya perbedaan atau selisih arus yang terjadi pada masing-masing trafo distribusi sangat berdampak pada pemakaian trafo distribusi khususnya pada trafo yang memiliki arus sirkulasi yang besar, sehingga mengurangi usia pemakaian pada trafo distribusi khususnya trafo distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau

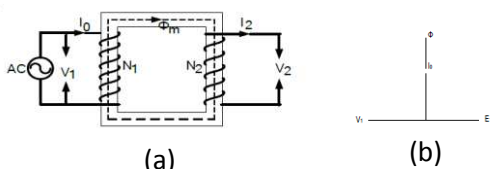
2. LANDASAN TEORI

2.1 Transformator

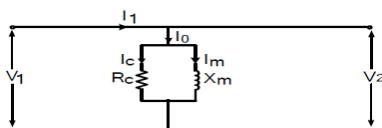
Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. (Julius Sentosa Setiadji1, Tabrani Machmudsyah2, Yanuar Isnanto; Maret 2006).

2.1.1 Trafo Tidak Berbeban

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal, akan mengalirkan arus primer I_0 yang juga sinusoidal dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni. I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 . Arus primer I_0 menimbulkan fluks (ϕ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoidal.



Gambar 2.1. (a). Transformator Dalam Keadaan Tanpa Beban, (b). Vektor Transformator Dalam Keadaan Tanpa Beban. (Sumber : Mancon Sitanggang, 2009)



Gambar 2.2. Rangkaian Ekuivalen Transformator Dalam Keadaan Tanpa Beban. (Sumber : Mancon Sitanggang, 2009)

Fluks yang sinusoidal ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday) :

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d(\phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$e_1 = -N_1 \cdot \omega \cdot \phi_{\max} \cos \omega t \text{ (V)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$e_1 = -N_1 \omega \phi_{\max} \sin(\omega t - 90^\circ) \text{ (tertinggal } 90^\circ \text{ dari } \phi)$$

Dimana :

e_1 = Gaya Gerak Listrik (Volt)

N_1 = Jumlah Belitan Disisi Primer (turn)

ω = Kecepatan Sudut Putar (rad/sec)

ϕ = Fluks Magnetik (weber)

2.1.2 Trafo Dengan Beban

Jika sakelar beban dalam rangkaian sekunder dari transformator dalam gambar 2.1.a ditutup, akan mengalir arus yang besarnya sama dengan V dibagi dengan impedansi beban. Hukum Lenz menyatakan, bahwa setiap aliran arus yang disebabkan oleh ggl induksi akan mengalir sedemikian rupa sehingga arahnya berlawanan yang menyebabkan terjadinya ggl induksi pada transformator, hal ini berarti bahwa I_p akan selalu mengalir dalam arah sedemikian sehingga aksi pemagnetannya akan melawan aksi pemagnetan lilitan primer. Jadi arus I_s akan mengurangi fluksi dalam inti transformator. Tetapi jika fluksi berkurang, ggl lawan E berkurang, sehingga menambah aliran arus primer I_p , yang akan mengembalikan besarnya fluksi keharga semula.

Jika arus beban mengalir pada lilitan sekunder suatu transformator, terjadi jatuh tegangan yang kecil dalam transformator akibat impedansinya. Maka tegangan terminal lebih rendah sedikit dari ggl induksi. Tetapi perbedaan ini sering kali diabaikan dan V dianggap sama dengan E , maka persamaan (2.3) tetap berlaku, dengan demikian :

$$\frac{V_H}{V_L} = \frac{I_L}{I_H}$$

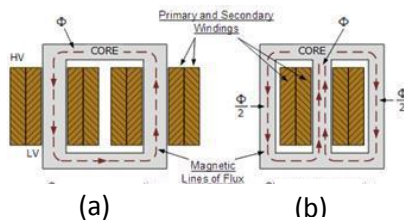
Dan

$$V_H I_H = V_L I_L \dots\dots\dots(2.4)$$

Persamaan (2.4) menunjukkan bahwa volt ampere masukkan dari suatu transformator sama dengan *voltampere* keluaran.

Ada dua perbedaan bentuk inti transformator yang biasa digunakan yang dinamakan tipe – inti (*core type*) dan tipe-

selubung (*shell type*) seperti ditunjukkan dalam gambar dibawah ini. Inti dari kedua tipe ini dibuat dari baja khusus yang kerugiannya cukup rendah dan dilaminasi untuk mengurangi kerugian inti.



Gambar 2.3 Inti transformator fase-tunggal : (a) tipe inti (b) tipe selubung

Pada konstruksi tipe-inti yang ditunjukkan dalam gambar 2.5(a) lilitan mengelilingi inti besi yang berlaminasi, lilitan primer transformator ditunjukkan pada satu kaki inti dan sekundernya pada satu kaki inti yang lain. Transformator komersial tidak dibentuk secara demikian karena sebagian besar fluksi yang dihasilkan lilitan primer tidak memotong lilitan sekunder atau dikatakan bahwa transformator mempunyai kebocoran fluksi yang besar.

2.2 Transformator Distribusi 3 (tiga) Fasa

Transformator distribusi adalah suatu peralatan listrik utama yang berperan penting untuk penyaluran daya listrik dalam suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan distribusi primer yang merupakan tegangan menengah menjadi tegangan rendah pada sisi sekunder.

Trafo Distribusi yang umum digunakan adalah trafo *step down* 20/0,4 kV, tegangan fasa-fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380 Volt, karena terjadi *drop* tegangan maka tegangan rendah dibuat diatas 380 Volt agar tegangan pada ujung beban menjadi 380 Volt.

Karena arus yang mengalir merupakan arus bolak-balik maka flux terbentuk pada inti akan mempunyai arah dan jumlah yang berubah-ubah. Jika arus

yang mengalir berbentuk sinus maka *flux* yang terjadi akan berbentuk sinus pula. Karena *flux* tersebut mengalir melalui inti yang mana pada inti tersebut terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder maka pada inti primer dan sekunder tersebut akan timbul ggl (gaya gerak listrik) induksi, tetapi arah dari ggl induksi primer berlawanan dengan arah ggl induksi sekunder sedangkan frekuensi masing-masing tegangan tersebut sama dengan frekuensi sumbernya. Hubungan tranformasi tegangan adalah sebagai berikut:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \alpha \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

(Aprilian P. Kawihing; Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder,2013)

2.3 Beban Listrik dan Klasifikasi

Beban

Yang dimaksud dengan beban listrik adalah sejumlah tenaga listrik yang dibutuhkan pada suatu sistem yang dapat dinyatakan dalam satuan-satuan kW, kVA. Beban listrik adalah istilah teknis dari daya yang dikonsumsi oleh pelanggan. Penentu beban listrik di suatu sistem distribusi sehingga dicapai suatu sisitem distribusi yang baik dari segi ekonomi maupun teknik.

Beban listrik dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis berdasarkan faktor-faktor seperti jenis konsumen, lingkungan atau geografis, serta tingkat pelayanan listrik. Untuk lebih jelas, klasifikasi beban dapat dilihat pada tabel I.

Berdasarkan jenis konsumen, beban diklasifikasikan atas 3 jenis yaitu:

a. Beban Domestik

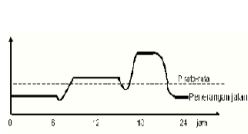
Kurva dari beban domestic dapat dilihat pada gambar 2.4

b. Beban Komersial

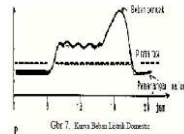
Kurva dari beban komersil dapat dilihat pada gambar 2.5

c. Beban Industri

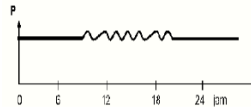
Kurva dari beban industri dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.4 Kurva Beban Domestik



Gambar 2.5 Kurva Beban Komersial



Gambar 2.6 Kurva beban listrik industri

(Sumber : Aprilian P. Kawihing; Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder, 2013)

Tabel. 2.1. Klasifikasi Beban

No.	Sifat Pengolahan	Pengolahan Bahan
1	Jenis Konsumen	1. Domestik
		2. Komersil
		3. Industri
2	Lingkungan / Geografis	1. Pusat Kota
		2. Perkotaan
		3. Pinggiran Kota
3	Tingkat Pelayanan	1. Sangat Penting
		2. Penting
		3. Biasa
		4. Cadangan

2.4 Faktor Daya

Faktor daya yang dinotasikan sebagai $\cos \phi$ didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

$$\cos \phi = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Nyata (S)}} \dots\dots (2.6)$$

2.4.1 Faktor Daya Unity

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sefasa dengan arus. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

R = Tahanan (Ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

2.4.2 Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
2. Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ

2.4.3 Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
2. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ

2.5 Operasi Paralel Dari Transformator Distribusi 3 (tiga) Fasa

Semua kondisi yang berlaku untuk operasi paralel transformator fasa tunggal juga berlaku untuk menjalankan

transformator tiga fasa tetapi dengan tambahan berikut :

1. Rasio tegangan harus mengacu pada tegangan terminal primer dan sekunder . hal ini jelas bahwa ratio ini mungkin tidak sama dengan rasio jumlah putaran tiap fasa. contoh, jika V_1 , V_2 adalah primer dan sekunder tegangan terminal, kemudian untuk hubungan Y/ Δ , pergantian ratio adalah $V_2 / V_1 / \sqrt{3} = \sqrt{3} . V_2 / V_1$
2. perpindahan fasa antar tegangan primer dan sekunder harus sama untuk semua transformator yang dihubungkan untuk operasi paralel
3. urutan masing-masing fasa harus sama semua transformator dalam 3 (tiga) fasa bank transformator akan menjadi sama kontruksi baik inti atau *shell*.

Dari penjelasan diatas dapat dibuat persamaan untuk operasi paralel dari transformator 3 (tiga) fasa, yaitu :

$$S_A = S \frac{Z_B}{Z_A + Z_B} = S \frac{1}{1 + (Z_B + Z_B)} \quad (2.8) \quad \dots$$

(B.L. Theraja dan A.K. Theraja, Volume II)

Penjelasan terkait tidak dapatnya diparalel transformator yang salah satu parameternya tidak sama, adalah sbb :

1. Pembagian arus untuk masing - masing transformator, dengan total beban yang sama dengan total kapasitas seluruh trafo yang diparalel, maka salah satu trafo akan mengalami kelebihan beban (*overload*)
2. Arus sirkulasi antar trafo akan naik 10% dari arus pada saat kapasitas penuh.
3. Gabungan antara arus sirkulasi masing-masing trafo serta arus pada saat beban penuh akan melebihi kapasitas arus pada saat beban penuh pada setiap trafo tersebut.

Arus sirkulasi (*circulating current*) merupakan arus yang mengalir pada saat

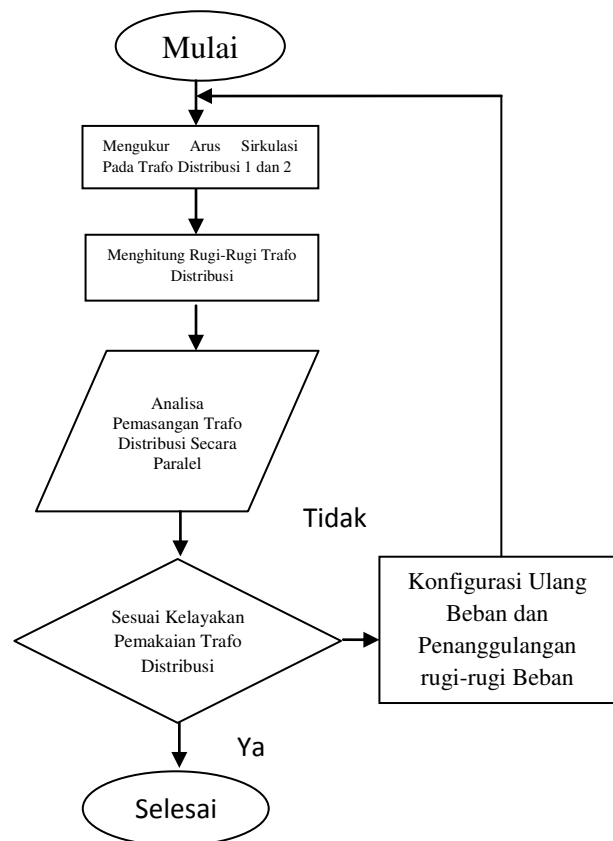
transformator tidak dibebani, sedangkan arus beban penuh (*full load current*) merupakan arus yang mengalir pada saat transformator terhubung kebeban (*load*).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di gardu distribusi Fakultas Teknik, penelitian di gardu distribusi dimaksudkan untuk melakukan pengukuran terhadap sisi sekunder transformator yang terhubung dengan beban yang berguna untuk menghasilkan daya yang terpakai oleh beban dalam memenuhi kebutuhan energi listrik Fakultas Teknik, adapun waktu pelaksanaan penelitian ini.

3.2 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Observasi ke Gardu Distribusi Fakultas Teknik

Data spesifikasi transformator distribusi Fakultas Teknik terlihat pada tabel serta kapasitas MCCB yang di gunakan dibawah ini, dimana transformator yang digunakan adalah dua unit trafo yang dihubungkan secara parallel pada sisi sekunder transformator tersebut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator

Nama Pabrik	MORAWA
Standar	IEC76
Daya Pengenal	400 kVA
Jumlah Fasa	3
Tegangan Primer L-L (kV)	20 kV
Tegangan Sekunder L-L (V)	400 V
Arus Primer	11,55 A
Arus Sekunder	577,4 A
Vektor Group	DyN5
Impedansi (%)	4%
Frekuensi	50 Hz
TID	125 kV
Kelompok Vektor	DYN5
Pendingin	ONAN
Berat Total	1146 kg
Berat Minyak	146 kg

Tabel 3.2 Kapasitas MCCB

Gedung Fakultas Teknik	Kapasitas MCCB
Gedung C (Bagian Kanan)	200 Ampere
Gedung C (Bagian Kiri)	200 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	125 Ampere
Laboratorium FAPERTA	250 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	250 Ampere
Laboratorium Teknik Sipil	250 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	160 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	160 Ampere
Laboratorium Teknik Kimia	400 Ampere
Laboratorium Teknik Mesin	400 Ampere
Laboratorium Teknik Elektro	250 Ampere

3.3.2 Melakukan Pengukuran

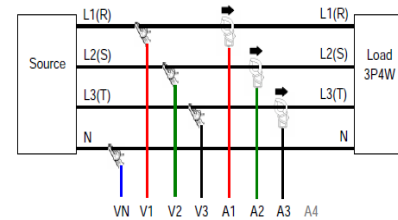
Adapaun alat ukur yang di gunakan serta konfigurasi pemasanganya sebagai berikut:

a. Power Quality Analyzer



Gambar 3.1 Power Quality Analyzer

b. Konfigurasi Pemasangan



Gambar 3.2 Konfigurasi Pemasangan alat ukur

3.3.3 Data Hasil Pengukuran

Pada tahap ini data yang didapat melalui proses pengukuran terhadap arus yang terdapat pada transformator 1 dan 2 serta masing beban. Pengukuran dilakukan dengan cara bertahap dimana kabel alat ukur pada transformator 1 dan 2 tetap sementara kabel alat ukur pada beban dipindahkan secara bertahap, mulai dari arus pada beban 1 (IL1) hingga pada beban 11 (IL11). Hal ini dilakukan karena untuk mengukur beban secara keseluruhan sangat sulit dikarenakan CB pada konduktor total beban sangat besar sehingga tidak memungkinkan peralatan alat ukur dapat memasangnya. Dari hasil pengukuran tiap masing-masing beban ini penulis menjumlahkan total keseluruhan beban, mulai dari fasa R, fasa S, dan fasa T.

$$I_{Tr \text{ total}} = I_{Tr1} + I_{Tr2} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$IL \text{ fasa R} = \sum_{i=1}^{11} I_{LR}(i) \dots \dots \dots (3.2)$$

$$IL \text{ fasa S} = \sum_{i=1}^{11} I_{LS}(i) \dots \dots \dots (3.3)$$

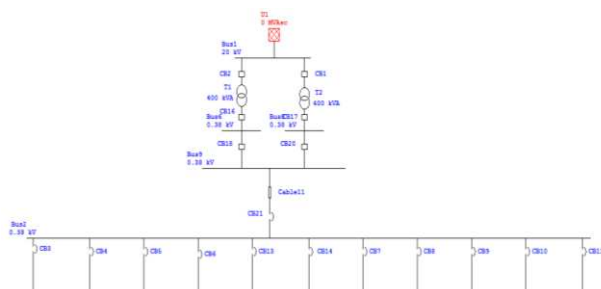
$$IL \text{ fasa T} = \sum_{i=1}^{11} I_{LT}(i) \dots \dots \dots (3.4)$$

$I_c = I_{Tr \text{ total}} - I_L \text{ fasa (Sesuai urutan fasa) atau}$

$$I_c = I_{totalbeban} - (I_{trafo1} + I_{trafo2}) \dots\dots\dots(3.6)$$

3.3.4 Membuat Simulasi Rangkaian Trafo Distribusi

Dalam hal ini peneliti membuat simulasi dengan bantuan aplikasi *Electric Transient and Analysis Program 7.0.0* (ETAP 7.0.0). Dimana melalui data yang didapat peneliti memasukkan data yang diperoleh dalam *nameplate* pada software ETAP 7.0.0 sesuai rangkaian sistem distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.



Gambar 3.3 Rangkaian Simulasi Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Fakultas Teknik Universitas Riau

3.3.5 Menganalisa Serta Mengevaluasi Kelayakan Sistem Paralel Jaringan Distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau

Setelah data didapat melalui hasil pengukuran yang dilakukan, baik secara pengukuran lapangan dan hasil pengukuran data pada simulasi yang dilakukan, maka penulis melakukan analisa dan evaluasi terhadap data yang diperoleh.

Dari data yang didapat maka peneliti akan menyesuaikan pemasangan paralel trafo distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau dengan standarisasi pemasangan sistem paralel yang dalam hal ini peneliti mengambil acuan dari standarisasi *Schneider Paralel System*.

3.3.6 Mengevaluasi Kapasitas Transformator Terhadap Pemakaian Sistem Paralel Yang Digunakan Saat Beban Penuh

Pada tahap ini setelah adanya analisa dan evaluasi yang dilakukan melalui penyesuaian standarisasi yang digunakan, maka peneliti juga mengevaluasi kelayakan sistem paralel transformator saat kapasitas transformator berada di beban penuh. Hal ini dilakukan untuk melihat dampak pemasangan transformator distribusi secara paralel apabila terjadi ketidaksesuaian pada standarisasi yang ada, sesuai standarisasi yang digunakan.

4. ANALISA DAN HASIL

4.1 Analisis Pemasangan Tranformator Distribusi Secara Paralel

Untuk menganalisa pemasangan transformator distribusi secara paralel perlu diketahui beberapa parameter yang menjadi acuan sebelum pemasangan tersebut. Diantaranya faktor kVA yang sama, Impedansi yang sama, serta rasio transformator yang sama. Untuk mengetahui kelayakan pemasangan transformator distribusi secara paralel maka masing-masing parameter itu harus sama. Untuk itu perlu adanya pengecekan masing-masing parameter berdasarkan hasil survei dan pengukuran yang dilakukan pada transformator distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.

4.1.1 Daya Terpasang

Berdasarkan data yang didapat dari hasil survei yang dilakukan, Daya yang terpasang untuk tiap gedung di Fakultas Teknik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Daya Terpasang setiap Gedung

Gedung Penerima Daya Listrik	Daya Terpasang (VA)
Gedung C (Bagian Kanan)	76000
Gedung C (Bagian Kiri)	76000
Laboratorium Teknik Sipil	47500
Laboratorium Faperika	95000
Laboratorium Tenik Sipil	95000
Laboratorium Tenik Sipil	95000

Laboratorium Teknik Kimia	60800
Laboratorium Teknik Kimia	60800
Laboratorium Teknik Kimia	152000
Laboratorium Teknik Mesin	152000
Laboratorium Teknik Elektro	95000

4.1.2 Evaluasi Dari Nilai Tegangan, Arus, Dan Cos ϕ Yang Terukur Pada Masing-Masing Beban Dan Kedua Transformator

Dari data hasil pengukuran penelitian ini maka didapatkan data-data yang sesuai untuk melakukan evaluasi kelayakan sistem paralel pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau. Sebagai contoh data diambil pada tanggal 1 November 2014 pada pukul 10.00 wib dimana pada jam tersebut diasumsikan banyaknya pemakaian pada pembebanan gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas. Berikut data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Trafo Distribusi

Lokasi	Tegangan (V)		
	R	S	T
Gedung C Kanan	219,6	220,3	219,6
Gedung C Kiri	219,6	220	219,7
Lab. Teknik Sipil I	219,9	220,2	219,6
Fakultas Pertanian	220,2	220,8	219,7
Lab. Teknik Sipil II	220	219,7	221,5
Lab. Teknik Sipil III	219,3	220,1	220,1
Lab. Teknik Kimia I	219,7	219,9	220,1
Lab. Teknik Kimia II	220	220	220,3
Lab. Teknik Kimia III	219,8	220	220,4
Lab. Teknik Mesin	219,5	219,8	220,1
Lab. Teknik Elektro	219,5	219,9	219,9

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Nilai Arus Pada Trafo Distribusi

Lokasi	Arus (A)		
	R	S	T
Gedung C Kanan	21,1	0	30,4
Gedung C Kiri	7,9	23,1	14,2
Lab. Teknik Sipil I	82,2	74,2	134,3

Fakultas Pertanian	95,8	133,2	49,4
Lab. Teknik Sipil II	9,1	8,8	17,6
Lab. Teknik Sipil III	14,3	0	11,4
Lab. Teknik Kimia I	43,5	15,9	40,4
Lab. Teknik Kimia II	54,6	47,7	34,1
Lab. Teknik Kimia III	9,5	8	11,3
Lab. Teknik Mesin	50,2	46,6	11,8
Lab. Teknik Elektro	38,1	69	39,1

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Nilai Cos ϕ Pada Trafo Distribusi

Lokasi	Cos ϕ		
	R	S	T
Gedung C Kanan	0,702	0,136	0,994
Gedung C Kiri	0,626	0,206	0,825
Lab. Teknik Sipil I	0,78	0,232	0,977
Fakultas Pertanian	0,652	0,245	0,889
Lab. Teknik Sipil II	0,722	0,012	0,817
Lab. Teknik Sipil III	0,801	0,399	0,731
Lab. Teknik Kimia I	0,602	0,34	0,963
Lab. Teknik Kimia II	0,681	0,208	0,946
Lab. Teknik Kimia III	0,886	0,133	0,623
Lab. Teknik Mesin	0,619	0,222	0,769
Lab. Teknik Elektro	0,855	0,254	0,782

Dari tabel cos ϕ (tabel 4.4) terlihat adanya data nilai cos ϕ yang negatif (-), ini disebabkan adanya ketidakseimbangan beban yang terjadi pada masing-masing beban. Ketidakseimbangan beban ini juga berdampak terhadap nilai arus masing-masing beban yang mana dari hasil nilai arus beban tersebut dapat berdampak pada arus yang mengalir pada kedua transformator. Sehingga memperbesar selisih nilai arus yang mengalir pada kedua transformator, dimana pada transformator yang memiliki impedansi kecil menjadi imbas nilai arus yang besar.

Selain itu ada pula tegangan, arus, dan cos ϕ yang terdapat pada kedua transformator dimana dari hasil pengukuran didapat :

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Pada Transformator Difasa R

Tegangan		Arus		Cos ϕ	
Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2
218,6	221,3	198,7	209,6	0,942	0,224
218,7	221,5	192,4	202,8	0,959	0,239
218,7	221,4	203,8	214,9	0,944	0,229
218,4	221,4	231,1	242,9	0,949	0,217
218,7	221,5	206	215,4	0,954	0,243
218,6	221,4	196,9	208,1	0,957	0,236
218,7	221,4	198,1	209,3	0,95	0,232
219	221,4	199,8	210,8	0,952	0,239
218,5	221,4	200,1	210,9	0,951	0,235
218,6	221,1	200,5	211,6	0,953	0,236
218,6	221,1	197,7	208,9	0,954	0,232

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Pada Transformator Difasa S

Tegangan		Arus		Cos ϕ	
Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2
219,1	222,2	210,4	215,4	0,796	-0,929
219,6	221,6	210,4	215,3	0,798	-0,938
219,1	221,7	212,1	216,4	0,784	-0,938
219,4	221,7	218,3	223,4	0,783	-0,933
219,4	221,8	208,8	213,7	0,807	-0,93
219,2	221,7	206,6	210,8	0,799	-0,928
219	221,9	210	214,7	0,804	-0,937
219,2	221,9	209,6	215,4	0,793	-0,917
219,1	222	200,6	205	0,81	-0,929
218,9	221,5	215,3	220	0,793	-0,945
218,7	221,7	219,7	221,7	0,797	-0,946

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Pada Transformator Difasa T

Tegangan		Arus		Cos ϕ	
Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 1	Trafo 2
218,7	221,4	187,6	197,3	0,174	-0,755
218,8	221,4	188,5	198,7	0,171	-0,753
219	221,6	193	202,7	0,184	-0,739
219	221,7	183,1	192,4	0,177	-0,753
219,5	222,3	181,5	193,9	0,169	-0,744
219,2	220,9	193,1	203,4	0,181	-0,737
219,3	221,5	184,5	194,3	0,179	-0,744

218,7	221,4	191,2	201,2	0,191	-0,743
219,2	222	188,1	197,7	0,183	-0,741
218,9	222	184,2	194,2	0,186	-0,745
219,1	221,8	205	215,6	0,196	-0,737

Dari data pengukuran transformator tersebut kita dapat menghitung rata-rata nilai arus dan cos ϕ pada masing-masing transformator. Serta dapat mencari selisih nilai arus pada kedua transformator. Dengan perhitungan menggunakan persamaan 3.6, 3.7, dan 3.8 sebagai berikut :

- Nilai arus pada transformator pertama

$$I_{\text{Trafo1}} = 202,2818 + 211,0727 + 189,0727$$

$$= 602,4272 \text{ A}$$
- Nilai arus pada transformer kedua

$$I_{\text{Trafo2}} = 213,2 + 215,01 + 199,218$$

$$= 627,428 \text{ A}$$
- Selisih kedua transformator

$$\Delta I_{\text{Trafo}} = 627,428 - 602,4272$$

$$= 25,00008 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat perbedaan atau selisih nilai arus antara kedua trafo, ini terjadi dikarenakan adanya ketidakseimbangan beban yang terjadi pada gardu distribusi. Selain itu dapat juga diasumsikan adanya perbedaan nilai impedansi pada kedua trafo, asumsi ini dinyatakan sesuai pernyataan standarisasi yang dipaparkan oleh *Schneider Electric, USA* apabila kedua transformator yang diparalelkan memiliki kVA yang sama, rasio yang sama, dan persen impedansi yang berbeda maka kedua transformator tersebut akan memiliki perbedaan nilai arus yang mengalir pada masing-masing transformator.

Adapun cara perhitungan arus sirkulasi adalah dengan persamaan 2.11 akan tetapi terjadinya kesulitan dalam pengukuran impedansi nilai trafo (Z) sehingga peneliti menggunakan metode penghitungan pada rangkaian trafo distribusi saat diparalelkan. Contoh persamaan yang digunakan dengan cara menghitung nilai arus pada trafo

pertama ($I_{trafo\ 1}$) kemudian dijumlahkan dengan nilai arus trafo kedua ($I_{trafo\ 2}$), setelah itu dikurangi terhadap total arus beban yang terukur. Atau dengan persamaan 3.9 :

$$\begin{aligned} I_{TotalR} &= 21,1 + 7,9 + 82,2 + 95,8 + 9,1 + 14,3 + 43,5 + 54,6 + 9,5 \\ &\quad + 50,2 + 38,1 \\ &= 426,3\text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{TotalS} &= 0 + 23,1 + 74,2 + 133,2 + 8,8 + 0 + 15,9 + 47,7 + 8 + 466 \\ &\quad + 69 \\ &= 426,5\text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{TotalT} &= 30,4 + 14,2 + 134,3 + 49,4 + 17,6 + 11,4 + 40,4 + 34,1 + 11,3 \\ &\quad + 11,8 + 39,1 \\ &= 394\text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{TotalBeban} &= I_{TotalR} + I_{TotalS} + I_{TotalT} \\ &= 426,3 + 426,5 + 394 \\ &= 1246,8\text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= I_{TotalBeban} - (I_{trafo1} + I_{trafo2}) \\ &= 1246,8 - (602,4272 + 627,428) \\ &= 1246,8 - 1229,855 \\ &= 16,945\text{ A} \end{aligned}$$

4.2 Evaluasi Data Perhitungan Berdasarkan Beban Perfasa

Sama halnya dari perhitungan sebelumnya, dari persamaan 3.6, 3.7, dan 3.8 kita juga dapat menghitung perbedaan atau selisih dari kedua transformator berdasarkan fasa R, fasa S, dan fasa T. Dari hasil tersebut penelitian ini juga dapat membandingkan selisih nilai arus yang terdapat pada masing-masing fasa dari gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.

4.2.1 Evaluasi Data Perhitungan Berdasarkan Beban Pada Fasa R

- Nilai arus fasa R pada beban

$$\begin{aligned} I_{TotalR} &= 21,1 + 7,9 + 82,2 + 95,8 + 9,1 + 14,3 + 43,5 + 54,6 + 9,5 + 50,2 + 38,1 \\ &= 426,3\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus pada fasa R transformator pertama

$$\begin{aligned} I_{RT1} \text{ rata - rata} &= \frac{198,7 + 192,4 + 203,8 + 231,1 + 206 + 196,9 + 198,1 + \\ &\quad 199,8 + 200,1 + 200,5 + 197,7}{11} \\ &= 202,2818\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus pada fasa R transformator kedua

$$\begin{aligned} I_{RT2} \text{ rata - rata} &= \frac{209,6 + 202,8 + 214,9 + 242,9 + 215,4 + 208,1 + 209,3 + \\ &\quad 210,8 + 210,9 + 211,6 + 208,9}{11} \\ &= 213,2\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus sirkulasi pada fasa R

$$\begin{aligned} I_{CR} &= I_{RT \text{ beban}} - (I_{RT1 \text{ rata-rata}} + I_{RT2 \text{ rata-rata}}) \\ I_{CR} &= 426,3 - (202,2818 + 213,2) \\ &= 426,3 - (415,4818) \\ &= 10,8182\text{ A} \end{aligned}$$

4.2.2 Evaluasi Data Perhitungan Berdasarkan Beban Pada Fasa S

- Nilai arus fasa S pada beban

$$\begin{aligned} I_{TotalS} &= 0 + 23,1 + 74,2 + 133,2 + 8,8 + 0 + 15,9 + 47,7 + 8 + 466 + 69 \\ &= 426,5\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus pada fasa S transformator pertama

$$\begin{aligned} I_{RS1} \text{ rata - rata} &= \frac{210,4 + 210,4 + 212,1 + 218,3 + 208,8 + 206,6 + 210 + \\ &\quad 209,6 + 200,6 + 215,3 + 2197}{11} \\ &= 211,0727\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus pada fasa S transformator kedua

$$\begin{aligned} I_{RS2} \text{ rata - rata} &= \frac{215,4 + 215,3 + 216,4 + 223,4 + 213,7 + 210,8 + 214,7 + \\ &\quad 215,4 + 205 + 220 + 221,7}{11} \\ &= 215,01\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus sirkulasi pada fasa S

$$\begin{aligned} I_{CS} &= I_{ST \text{ beban}} - (I_{ST1 \text{ rata-rata}} + I_{ST2 \text{ rata-rata}}) \\ I_{CS} &= 426,5 - (211,0727 + 215,01) \\ &= 426,5 - (426,0827) \\ &= 0,4173\text{ A} \end{aligned}$$

4.2.3 Evaluasi Data Perhitungan Berdasarkan Beban Pada Fasa T

- Nilai arus fasa T pada beban

$$\begin{aligned} I_{TotalT} &= 30,4 + 14,2 + 134,3 + 49,4 + 17,6 + 11,4 + 40,4 + 34,1 + 11,3 + 11,8 + 39,1 \\ &= 394\text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai arus pada fasa T transformator pertama

$$I_{RT1} \text{rata-rata} = \frac{187,6 + 188,5 + 193 + 183,1 + 181,5 + 193,1 + 184,5 + 191,2 + 188,1 + 184,2 + 205}{11} = 189,0727273 \text{ A}$$

- Nilai arus pada fasa T transformator kedua

$$I_{RT2} \text{rata-rata} = \frac{197,3 + 198,7 + 202,7 + 192,4 + 193,9 + 203,4 + 194,3 + 201,2 + 197,7 + 194,2 + 215,6}{11} = 199,2181818 \text{ A}$$

- Nilai arus sirkulasi pada fasa T

$$I_{CT} = I_{T \text{ beban}} - (I_{T1 \text{ rata-rata}} + I_{T2 \text{ rata-rata}})$$

$$I_{CT} = 394 - (189,0727273 + 199,2181818)$$

$$= 394 - (388,2909091)$$

$$= 5,7090909 \text{ A}$$

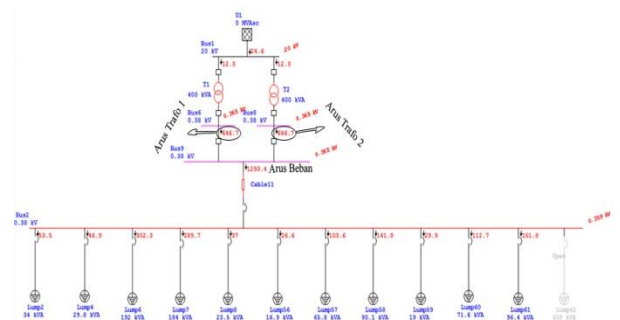
Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat adanya arus sirkulasi yang mengalir pada tiap-tiap fasa pada kedua transformator dan masing-masing beban pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau. Awalnya perhitungan dilakukan pada masing-masing beban dan dari data tersebut diambil nilai total beban yang terpakai dari 11 (sebelas) MCCB yang ada pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau. Setelah mendapat data total arus beban masing-masing fasa tersebut, dihitung pula rata-rata arus yang mengalir pada kedua transformator. Ini dilakukan karena masing beban dialiri jumlah nilai arus yang berbeda sehingga dari rata-rata nilai arus tersebut dapat dihitung selisih arus dari kedua transformator tersebut.

Dengan demikian dapat disimpulkan adanya ketidakseimbangan beban antara masing-masing fasa, dari perhitungan ini juga dapat diasumsikan pengaruh dari impedansi dari kedua transformator. Perbedaan impedansi ini terjadi dikarenakan adanya faktor *life time* dari kedua transformator

yang berbeda sehingga pada transformator yang memiliki impedansi yang kecil akan melayani arus yang besar. Ini menyebabkan *life time* pada transformator tersebut berkurang. Sehingga mempersingkat pemakaian transformator tersebut. Dengan adanya seperti ini sebaiknya dilakukan perawatan secara berkala pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.

4.3 Simulasi Pengaruh Perubahan Persen Impedansi Terhadap Arus Sirkulasi Pada Trafo Distribusi

Dari hasil data pengukuran diatas penelitian ini juga memaparkan adanya arus sirkulasi pada trafo distribusi saat adanya pembebanan pada masing-masing beban. Simulasi ini dilakukan pada program simulasi dimana pada penelitian ini digunakan *software* ETAP 7.0.0. Dari data-data hasil pengukuran tersebut akan diinput ke *software* tersebut dan disimulasikan sesuai aliran arus yang terjadi. Berikut simulasi dari gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau :

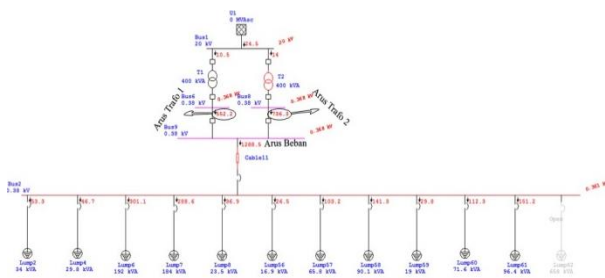


Gambar 4.1 Simulasi Jaringan Distribusi dengan Impedansi Yang Sama

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat dilihat apabila impedansi dari kedua transformator sama maka arus yang mengalir dikedua transformator sama, dengan demikian tidak adanya selisih arus yang terjadi pada kedua transformator distribusi. Dalam hal ini tidak ada *life time* transformator yang terpengaruh, sehingga

masing-masing transformator dapat bekerja secara maksimal sesuai pembebanan layaknya transformator dengan pemasangan paralel.

Akan tetapi apabila terjadinya perubahan nilai persen impedansi diantara salah satu transformator distribusi, maka hal tersebut dapat berpengaruh terhadap nilai arus yang mengalir dimasing-masing transformator distribusi. Dengan kata lain hal ini dapat mengakibatkan adanya selisih arus yang mengalir pada kedua transformator distribusi tersebut sehingga pada transformator yang memiliki impedansi yang rendah akan dialiri arus yang besar dan menyebabkan usia transformator akan berkurang. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada hasil simulasi berikut :



Gambar 4.2 Simulasi paralel Transformator Distribusi Dengan Impedansi Yang Berbeda

Dari simulasi diatas diasumsikan nilai impedansi salah satu transformator dibedakan, dimana transformator pertama memiliki nilai impedansi 4% sementara itu transformator kedua 3,5%. Hasil yang diperoleh merupakan adanya selisih nilai arus sebesar 184,1 A, dimana pada transformator pertama dialiri arus sebesar 552,2 A dan transformator kedua dialiri arus sebesar 736,3 A. Ini diakibatkan apabila 2 (dua) transformator diparalelkan dengan kVA dan rasio trafo yang sama sementara terjadi perbedaan impedansi maka akan terjadi selisih arus dimana pada pembebanan trafo yang memiliki impedansi yang kecil akan dialiri arus yang besar dan sebaliknya pada transformator yang memiliki impedansi besar akan dialiri arus yang kecil. Hal ini sangat berdampak pada saat trafo dibebani pada beban yang

mencapai batas maksimum transformator distribusi tersebut.

4.4 Simulasi Pengaruh Arus Sirkulasi Terhadap Penambahan Beban

Dari data penelitian dapat dinyatakan bahwa jumlah beban yang terpasang sebesar \pm (kurang lebih) 34% sehingga arus sirkulasi pada kedua transformator belum begitu besar terlihat, sehingga dampak arus sirkulasi pada kedua transformator belum begitu berdampak pada salah satu transformator yang memiliki impedansi yang kecil. Untuk lebih jelas dapat dilihat dari hasil perhitungan dan simulasi penambahan beban berikut :

4.4.1 Perhitungan Persentase Beban Yang Terpasang

Perhitungan Beban Perfasa

$$V_R = \frac{219,6 + 219,6 + 219,9 + 220,2 + 220 + 219,3 + 219,7 + 220 + 219,8 + 219,5 + 219,5}{11} = 219,736 \text{ V}$$

$$V_S = \frac{220,3 + 220 + 220,2 + 220,8 + 219,7 + 220,1 + 219,9 + 220 + 220 + 219,8 + 219,9}{11} = 220,064 \text{ V}$$

$$V_T = \frac{219,6 + 219,7 + 219,6 + 219,7 + 221,5 + 220,1 + 220,1 + 220,3 + 220,4 + 220,1 + 219,9}{11} = 220,091 \text{ V}$$

$$Tegangan_{Rata-rata} = \frac{V_R + V_S + V_T}{\sqrt{3}} = \frac{219,736 + 220,064 + 220,091}{\sqrt{3}} = 380,988 \text{ V}$$

Dari data tegangan dan arus dari hasil persamaan diatas maka dapat dihitung daya yang terpakai pada gardu distribusi serta persentase pemakaian beban pada gardu ditribusi sebagai berikut :

$$S = V \cdot I = 380,988 \times 1246.8 = 475015,8384 \text{ VA} = 475,015 \text{ kVA}$$

Dengan demikian dapat dihitung persentase pembebanan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Persentase Pembebanan} &= \frac{475,015}{800} \times 100 \\ &= 59,37\% \end{aligned}$$

Jelas dari persamaan diatas terlihat pada pembebanan gardu distribusi persentase pembebanan sebesar 59,37% dari batas maksimum pembebanan kedua transformator distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.

Perlu diketahui pada perhitungan diatas, penelitian ini juga menghitung jumlah pembebanan maksimum berdasarkan spesifikasi pada saat transformator belum dibebani, sebagai berikut :

$$I_{\text{sek } L-N} = 577,4 \text{ A (perfasa)}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{sek } 3\phi} &= 577,4 \times 3 \\ &= 1732,2 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{spesifikasi}} &= 220 \times 1732,2 \\ &= 381084 \text{ VA} \\ &= 381,084 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas Pembebanan} &= \frac{S_{\text{spesifikasi}}}{S_{\text{tertulis}}} \times 100\% \\ &= \frac{381,084}{400} \times 100\% \\ &= 95,271\% \end{aligned}$$

Maka batas pembebanan yang bisa dilayani oleh tiap-tiap transformator distribusi pada Fakultas Teknik sebesar 95,271% dengan rugi-rugi material transformator sebesar 4,729% dari batas total pembebanan pada tranformator distribusi.

Selain mendapatkan persentase dari pembebanan yang terukur saat ini,

pada penelitian ini juga menghitung batas persentase maksimum pembebanan pada transformator gardu distribusi. Sesuai perhitungan asumsi dibawah ini :

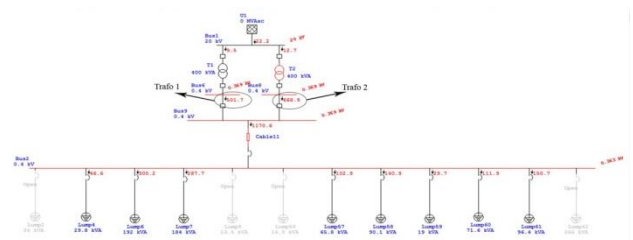
4.4.1.1 Pada pembebanan 50% dari batas maksimum transformator

$$50\% = \frac{kVA}{800}$$

$$\begin{aligned} kVA &= 800 \times 50\% \\ &= 400kVA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{total penambahan beban} &= \text{total beban saat } 50\% - \text{beban terpasang} \\ &= 400 - 475,015 \\ &= -75,015 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas pada pembebanan 50% dari batas maksimum pembebanan transformator didapat sebesar 400kVA, maka simulasi dari perhitungan tersebut



Gambar 4.3 Simulasi Pembebanan 50% Dari Batas Maksimum Trafo Distribusi

Dari hasil simulasi yang dilakukan perbedaan arus yang mengalir pada kedua transformator terdapat selisih nilai arus. Dimana pada transformator yang memiliki impedansi yang kecil dialiri arus yang besar, terlihat arus yang mengalir pada transformator pertama mengalir arus sebesar 501,7 A, sementara pada transformator kedua dialiri arus sebesar 668,9 A. Dari data tersebut dapat diketahui selisih arus sebesar :

$$\begin{aligned} \Delta I &= 668,9 - 501,7 \\ &= 167,2 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat selisih arus pada kedua transformator sebesar 167,2 A pada saat pembebanan mencapai 50% dari batas maksimum pembebanan transformator.

4.4.1.2 Pada Pembebanan 65% Dari Batas Maksimum Pembebanan Transformator

$$65\% = \frac{kVA}{800}$$

$$kVA = 800 \times 65\%$$

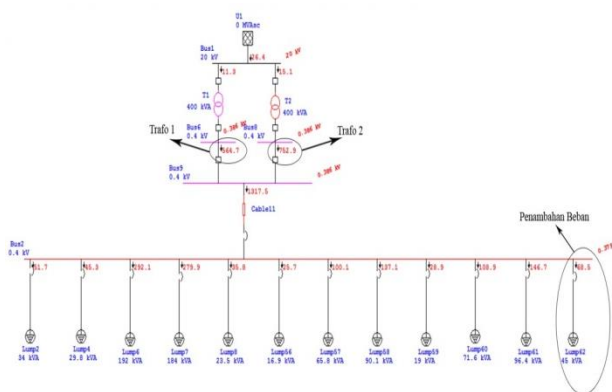
$$= 520kVA$$

$$\text{total penambahbeban} = \text{total beban saat 65\%} - \text{beban terpasang}$$

$$= 520 - 475,015$$

$$= 44,985 kVA$$

Pada pembebanan 65% dapat dihitung besar beban yang dilayani dari kedua transformator, yaitu sebesar 520 kVA. Dengan hasil perhitungan diatas maka dapat dilakukan simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.4 Simulasi Pembebanan 65% Dari Batas Maksimum Trafo Distribusi

Pada simulasi pembebanan diatas selisih arus semakin besar terlihat pada kedua transformator distribusi dimana pada transformator pertama mengalir arus sebesar 564,7 A dan arus pada transformator kedua 752,9 A. Selisih arus yang terdapat pada kedua transformator sebesar :

$$\Delta I = 752,9 - 564,7$$

$$= 188,2 A$$

Jadi selisih arus yang terdapat pada kedua transformator sebesar 188,2 A dimana selisih itu terjadi karena adanya perbedaan impedansi yang ada pada kedua transformator tersebut.

4.4.1.3 Pada Pembebanan 80% Dari Batas Maksimum Pembebanan Transformator

$$80\% = \frac{kVA}{800}$$

$$kVA = 800 \times 80\%$$

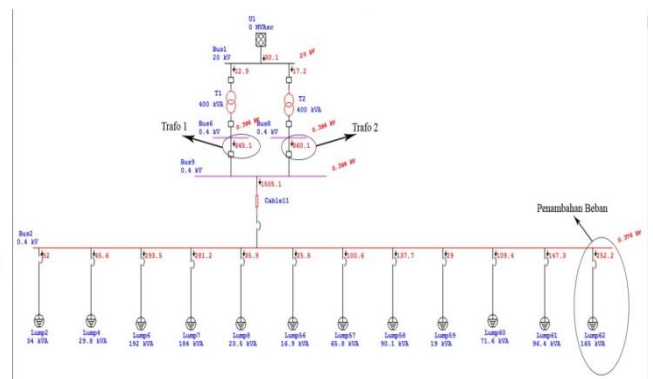
$$= 640kVA$$

$$\text{total penambahbeban} = \text{total beban saat 80\%} - \text{beban terpasang}$$

$$= 640 - 475,015$$

$$= 164,985 kVA$$

Dapat dilihat hasil perhitungan diatas, dimana pada pembebanan beban saat mencapai 80% sebesar 640 kVA. Berikut simulasi pembebanan transformator sebesar 80% :



Gambar 4.5 Simulasi Pembebanan 80% Dari Batas Maksimum Trafo Distribusi

Pada pembebanan 80% dari batas maksimum pembebanan transformator distribusi maka didapat besar arus yang mengalir pada transformator pertama sebesar 645,1 A dan arus mengalir pada transformator kedua sebesar 860,1 A. Dari data tersebut maka didapat selisih arus sebesar :

$$\Delta I = 860,1 - 645,1$$

$$= 215 A$$

Dari perhitungan diatas maka hasil selisih arus dari kedua transformator sebesar 215 A. Maka dapat terlihat bedanya impedansi dapat berpengaruh terhadap arus yang mengalir pada kedua transformator distribusi.

4.5 Kurva Pengaruh Kenaikan Beban Terhadap Batas Maksimum Transformator

Untuk mengetahui secara jelas dalam penelitian ini dibuat bentuk kurva pengaruh kenaikan beban terhadap batas maksimum transformator terlampaui.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil evaluasi terhadap hubungan paralel pada transformator distribusi pada Fakultas Teknik Universitas Riau adalah:

- Timbulnya arus sirkulasi pada kedua transformator ketika dipasang beban sebesar 16.945 A. Ini terjadi dikarenakan adanya ketidakseimbangan beban yang terjadi pada masing-masing beban gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Dengan kVA sama, Rasio sama, serta Impedansi yang berbeda dapat menyebabkan besarnya nilai arus yang mengalir pada kedua transformator berbeda. Dimana pada transformator yang memiliki impedansi yang kecil akan mengalir arus yang besar dan transformator yang memiliki impedansi yang besar akan mengalir arus yang kecil.
- Dengan adanya aliran arus yang berbeda pada kedua transformator tersebut dapat mempersingkat usia transformator yang dialiri arus yang besar, ini disebabkan faktor kelelahan pada transformator yang melayani arus yang besar.
- Untuk jumlah beban saat ini pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau arus sirkulasi tidak

begitu berdampak, ini dikarenakan pemakaian arus beban masih kecil atau rendah.

- Dampak arus sirkulasi yang terjadi dapat dirasakan pada asumsi jumlah beban 80% dari total arus yang bisa dilayani oleh gardu distribusi.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya yang berhubungan dengan judul skripsi ini adalah:

- Adanya perawatan pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau, ini disebabkan waktu pemasangan atau pemakaian pada kedua transformator berbeda. Sehingga pada kedua transformator memiliki impedansi yang berbeda.
- Adanya pengaruh *life time* transformator terhadap impedansi, sehingga perlunya perhitungan *life time* transformator sebelum pemasangan paralel pada gardu distribusi yang memiliki perbedaan waktu pemasangan transformatornya.

Adanya pengecekan berkala terhadap tiap-tiap MCCB masing-masing beban pada gardu distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilian P. Kawihing, Maickel Tuegeh, ST, MT, Lily S. Patras, ST, MT, Ir. Marthinus Pakiding, MT; 2013, Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder.
- B.L. Theraja, A.K. Theraja; A textbook of electrical technology, vol. II, AC & DC Machine, S.Chand.
- Daman Suswanto :2009, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, edisi pertama.
- Julius Sentosa Setiadji1, Tabrani Machmudsyah2, Yanuar Isnanto;

Maret 2006, Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi

diakses 3 Mei 2014. Pkl 03.00 WIB.

Kadir, Abdul. 2000. "Distribusi dan utilisasi tenaga listrik". Univeritas Indonesia (UI-Press). Jakarta.

Mancon Sitanggang, 2009. Studi Perkiraan Umur Transformator Distribusi Dengan Metode Tingkat Tahunan, Skripsi Sarjana, Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara.

Nagrath, I.J. and D.P. Kothari, *Electric Machines*, 3rd edition, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2008.

Batas Persentase Pembebanan Trafo Distribusi Fakultas Teknik Universitas Riau

